

**Ключові слова:** напружено-деформований стан, ударна хвиля, бронекорпус, метод скінченних елементів, параметрична модель

In the paper the improved method is offered for automated analysis of different origin shocks waves influencing on lightweight vehicles hulls. Possible objects damages are described and similar phenomena analysis necessity is grounded. The results of test finite-elements computation of influencing of shock wave on the MT-LB hull are given.

**Keywords:** stress-strain state, shock wave, armored hull, finite element method, parametric model.

УДК. 621.7.044

**Т. В. ГАЙКОВА**, ст. преподаватель, КрНУ, Кременчуг;

**Р. Г. ПУЗЫРЬ**, канд. техн. наук, доц., КрНУ, Кременчуг;

**Е. А. НАУМОВА**, ассистент, КрНУ, Кременчуг.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ДЕФОРМИРОВАНИЮ СЛОИСТЫХ ЗАГОТОВОК**

Особая роль среди новых материалов принадлежит слоистым металлическим композициям, обладающим новыми качествами, отличными от качеств исходных металлов. Поэтому при деформировании многослойной металлической композиции возникают трудности с построением технологических переходов, обеспечивающих заданное качество готового изделия. В статье освещены некоторые вопросы холодной пластической деформации биметалла алюминий-медь, построены экспериментальным путем зависимости усилие-деформация композиции алюминий-медь.

**Ключевые слова:** деформирование, образец, биметалл, медь, алюминий.

**Введение.** В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам совершенствования конструкционных материалов и высокоэффективных методов их обработки при создании новых образцов техники и технических систем. Прогресс в этой области сдерживается не только отсутствием необходимых материалов с требуемым комплексом физико-механических свойств, но и эффективных методов их обработки. Особая роль среди новых материалов принадлежит слоистым металлическим композициям, применение которых повышает надежность и долговечность деталей машин и агрегатов, позволяет экономить дефицитные материалы и стимулирует появление самих новых технологий.

**Анализ последних исследований и литературы.** При пластической деформации в слоях композиции возникают зоны с разнозначными внутренними напряжениями, которые могут привести к образованию складок, разрывов и расслоений материала готового изделия [1, 2, 3]. Слоистые металлы, полученные сваркой взрывом, обладают существенной анизотропией механических свойств [1, 4]. Поэтому при создании технологических процессов обработки слоистых металлов давлением необходимо знать их механические свойства, а также влияние термомеханических параметров подготовки и обработки. Построение экспериментальных зависимостей для определения механических свойств позволит упростить и ускорить технологический процесс производства.

**Цель исследований, постановка проблемы.** Целью данных исследований являлось проведение эксперимента для определения основных механических характеристик биметалла алюминий-медь полученного сваркой взрывом с последующей термической обработкой.

**Материалы исследований.** Получение сваркой взрывом биметаллов является одним из самых эффективных способов их производства. В процессе соединения металлы получают значительные пластические деформации и сильно упрочняются [5]. Поэтому дальнейшее формоизменение, например вытяжку, для получения каких-либо изделий необходимо проводить с учетом упрочнения или же применять отжиг для снятия наклепа.

Растяжение биметаллических образцов алюминий-медь проводилось согласно методике описанной в ГОСТ 1497-84.

Образцы для растяжения получали путем распиливания ручной пилой листовой биметаллической заготовки, полученной сваркой взрывом. Образцы имели следующие геометрические размеры (рис. 1, 2).

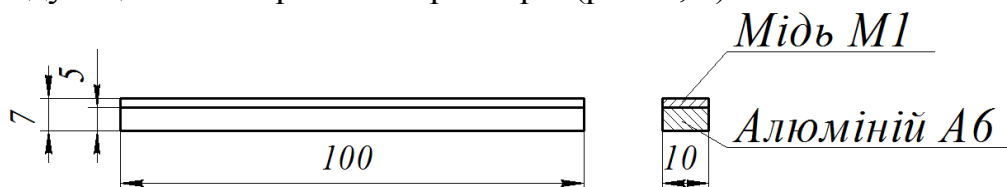


Рис. 1 – Геометрические размеры образцов для растяжения.



Рис. 2 – Внешний вид образцов для растяжения

Далее проводили обработку боковых поверхностей образцов напильником и их отжиг при температурах 150°C, 300°C и 450°C с выдержкой 1, 2 и 5 часов. Полученные образцы растягивали (рис. 3) на универсальной разрывной машине типа УМЭ-10ТМ.

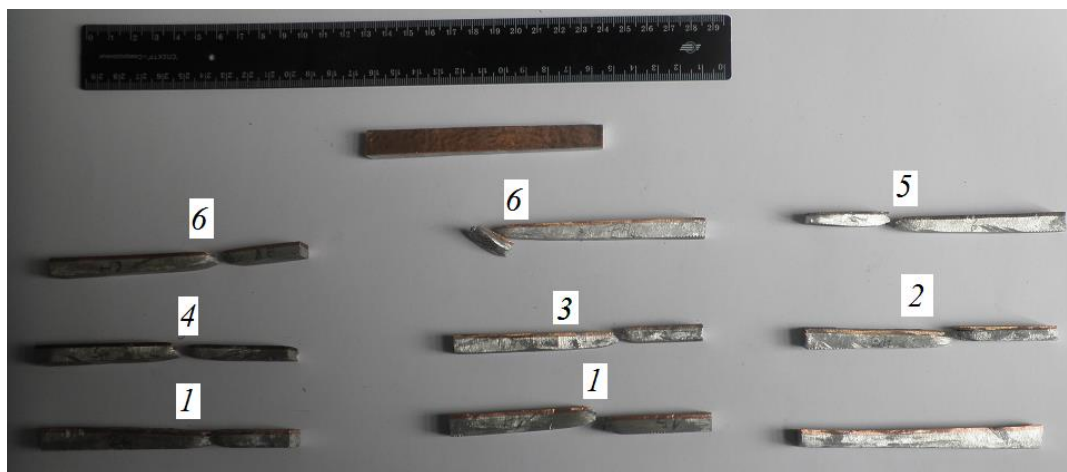


Рис. 3 – Образцы после испытания

Усилие деформации определяли по показаниям силоизмерителя машины и диаграммам, построенным автоматически на бумажном носителе.

Удлинение также определялось по диаграммам. Контроль проводили по образцам (один образец на 10 испытаний), которые подвергались измерению длинны после каждого их нагружения до определенной величины (8-10 измерений на образец). Также контроль проводился для всех образцов путем измерения конечной длины.

Для определения предела прочности, предела текучести и предела пропорциональности, а также относительного удлинения пользовались зависимостями по ГОСТ 1497-84.

**Результаты исследований.** Согласно полученных при растяжении биметаллических образцов данных строили графики в координатах «усилие деформации – относительное удлинение». На графиках (рис. 4) показана зависимости относительного удлинения от усилия при растяжении биметаллического образца «алюминий-медь» полученного сваркой взрывом.

На экспериментально полученных графиках видно, что прочностные характеристики и пластичность находятся в зависимости от продолжительности и температуры нагрева при термической обработке.

При отсутствии термической обработки (кривая №1) образец при растяжении демонстрирует невысокую пластичность, но высокие прочностные характеристики, что обусловлено значительным наклепом полученным материалом при сварке взрывом. При нагреве и непродолжительной выдержке при температуры 150°C (кривая №2) пластичность повышается (почти на 15%), а прочность снижается незначительно (на 15%), что в некоторой степени может объясняться не только прошедшими разупрочняющими процессами но и погрешностями измерения. Почти в два раза повышается относительное удлинение образца до разрыва. Увеличив время выдержки при 150°C до 5 часов образец демонстрирует (кривая №3) значительное (на 30%) снижение предела прочности на разрыв, по сравнению с образцом который не подвергался нагреву. При этом пластические свойства изменяются незначительно. На месте разрыва присутствует незначительное расслоение материала образца.

Значительное снижение прочностных характеристик объясняется полным разупрочнением алюминия и нормализацией состояния зоны соединения. При нагревании до 300°C и выдержке при этой температуре 2 часа образец (кривая №4) показывает снижение предела прочности (на 25%) но пластичность возрастает (по сравнению с термически необработанным образцом) особенно возрастает относительное удлинение. Подобное изменение свойств объясняется начавшимися процессами рекристаллизации и разупрочнения меди. Увеличение времени выдержки (до 5 часов) при температуре 300°C (кривая №5) приводит к незначительному снижению прочности (еще на 5-10%), а пластичность практически не изменяется. На месте разрыва образца присутствует расслоение материала образца на расстоянии 3-4 мм.

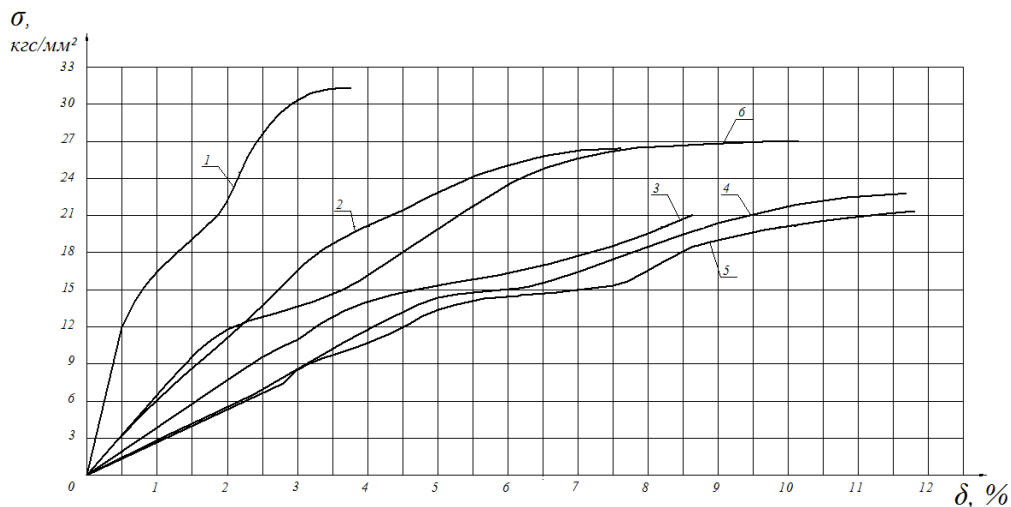


Рис. 4 – Кривые растяжения биметаллического образцов алюминий-медь с различными режимами отжига: 1 – без отжига; 2 – отожженный при температуре 150°C в течении 2 часов; 3 – отожженный при температуре 150°C в течении 5 часов; 4 – отожженный при температуре 300°C в течении 2 часов; 5 – отожженный при температуре 300°C в течении 5 часов; 6 – отожженный при температуре 450°C в течении 1 часа.

Оптимальными характеристиками пластичности и прочности обладает образец который подвергался неполному рекристаллизационному отжигу при температуре 450°C и выдержке 1 час. Образец обладает (кривая № 6) высокой пластичностью (после отжига пластичность повысилась в 2,5 раза и прочностными характеристиками, после отжига прочность понизилась всего на 15%). Можно сделать предположение, что данный вариант термической обработки является оптимальным для получения необходимых высоких прочностных характеристик материала, при этом улучшаются пластические показатели. Также в месте разрыва отсутствует расслоение материала.

Для теоретического определения механических свойств биметалла (предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности, относительное удлинение) использовали методику [7]. Результаты теоретических и экспериментальных исследований сведены в таблицу.

Образцы состоят из основы – алюминия и плакирующего слоя – меди. Если отбросить экономическую составляющую, данный биметалл в среднем

имеет более высокую прочность, чем алюминий, пластичней (на 35-40%) и легче (на 40-60%) чем медь. Однако подобное улучшение свойств зависит не только от толщин слоев составляющих компонентов, а и от ряда других факторов: величины упрочнения полученной при соединении, температурного режима и продолжительности отжига, состояния структуры сварного шва (наличие включений и интерметаллидов) и др. Все перечисленные выше параметры необходимо учитывать при дальнейшей обработке во избежание получения брака. Расслаивание материала, появление трещин, разрывов, гофр, нежелательных утонений в опасных сечениях и др. – все это нежелательные спутники производственного процесса.

Таблица. Механические свойства биметалла алюминий-медь

Термическая обработка	$\sigma_{пл}$ , кгс/мм <sup>2</sup>		$\sigma_{0,2}$ , кгс/мм <sup>2</sup>		$\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>		$\delta$ , %	
	Теор.	Эксп.	Теор.	Эксп.	Теор.	Эксп.	Теор.	Эксп.
Нет	11,8	14,86	21,29	22,14	30,29	31,43	5,3	3,76
150°C / 2 ч	11	13,13	15,71	18,64	25,3	28,57	8,2	7,61
150°C / 5 ч	10	13,2	14,8	16,3	24,3	22,8	10,7	8,63
300°C / 2 ч	9,1	11,1	13,92	16,5	23,93	25,4	14,4	11,68
300°C / 5 ч	7,5	8,74	11,43	16,88	21,86	25	18,2	11,68
450° / 1 ч	6,8	11,01	10,7	14,38	20,36	27,15	22,1	10,15

Критическое расхождение величины механических характеристик исследуемого биметалла может объясняться тем, что алюминий имеет свойства термически упрочняются при отжиге после холодной деформации, и кроме основного процесса – рекристаллизации, может протекать побочный процесс – частичная закалка (подкалка) с последующим старением [6]. Именно закалкой алюминия объясняется резкое повышение прочности и снижение пластичности биметалла при высокой температуре отжига. Данное упрочнение, на наш взгляд, не является негативным процессом, а наоборот дает возможность улучшить свойства материала.

**Выводы.** Экспериментальное определение механических свойств композитов позволяет избежать возможных нежелательных последствий еще на стадии проектирования, когда ошибка может быть легко устранена. Поэтому рекомендуется либо проводить полное исследование свойств новых композиционных материалов, либо собрать все данные по уже изученным композитам и экспериментально установить наиболее важные свойства обрабатываемых композитов, прогнозировать на их основе поведение материала при обработке и проектировать технологический техпроцесс и оснастку.

**Список литературы:** 1. Драгобецкий В.В. Тепловые процессы при совмещении операций сварки и штамповки взрывом / В.В. Драгобецкий // Системные технологии. Математические проблемы технической механики. Сборник научных трудов: Днепропетровск, «Сист.техн.», – 2002. – Выпуск 4 (21). – С. 89–94. 2. Крупин А.В. Обработка металлов взрывом / А.В. Крупин, В.Я. Соловьев, Г.С. Попов, М.Р. Костев. – М.: Металлургия, 1991. – 495 с. 3. Тітов В.А. Напрямки розвитку способів виготовлення біметалевих трубчастих елементів з різномірних матеріалів витягуванням / В.А. Тітов, Р.С. Борис М.С. Тривайло // Вісник Національного технічного університету України “Київський

політехнічний інститут”, серія “Машинобудування”, – 2009. – №56. – С. 154-159. 4. Miyazaki S. Plastic deformation of Al–Cu–Fe quasicrystals embedded in Al<sub>2</sub>Cu at low temperatures / S. Miyazaki, S. Kumai, A. Sato // Mater Sci Eng. – 2005. – А 300–5. – Р. 400–401. 5. Драгобецкий В.В. Использование взрывной обработки для получения деталей из слоистых металлических композиций / В.В. Драгобецкий, Е.В. Шаповал // Вестник Харьковского политехнического университета. Обработка металлов давлением: Харьков. Харьковский государственный политехнический университет, – 1999. – №76. – С.32–34. 6. Голованенко С.А. Сварка прокаткой биметаллов / С.А. Голованенко. – М.: Металлургия, 1977. – 160 с. 7. Аркулис Г.Э. Теория пластичности / Г.Э. Аркулис, В.Г. Дорогобид. – М.: Металлургия, 1987. – 352 с.

Надійшла до редакції 28.10.2013

**Результаты экспериментальных исследований по деформированию слоистых заготовок / Гайкова Т. В., Пузырь Р. Г., Наумова Е. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 42 (1015). – С.37-42. Бібліогр.: 7 назв.**

Особлива роль серед нових матеріалів належить шаруватим металевим композиціям, які володіють новими якостями, відмінними від якостей вихідних металів. Тому при деформуванні багатшарової металевої композиції виникають труднощі з побудовою технологічних переходів, що забезпечують задану якість готового виробу. У статті висвітлені деякі питання холодної пластичної деформації біметалу алюміній-мідь, побудовані експериментальним шляхом залежності зусилля – деформація композиції алюміній-мідь.

**Ключові слова:** деформування, зразок, біметал, мідь, алюміній.

The special role of new materials belong layered metal compositions having new properties distinct from the parent metal. Therefore, during the deformation of a multilayer metal composition having difficulty with building technology transition to ensure the specified quality of the finished product. The article highlights some of the issues of cold plastic deformation of the bimetal aluminum-copper, built by experimentation force -deformation depending on the composition of aluminum-copper.

**Keywords:** deformation, sample, bi-metal, copper, aluminum.

УДК 621.771

**В. С. ГАПОНОВ**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

**Ю. Д. МУЗЫКИН**, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

**В. В. ТАТЬКОВ**, канд. техн. наук, вед. научн. сотр., НТУ «ХПІ»;

**А. Ю. ПУТНОКИ**, канд. техн. наук, эксперт-консультант, НТУ «ХПІ»;

**А. И. ВОЙТОВИЧ**, механик ЦГПТЛ, ОАО «Запорожсталь», Запорожье.

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМА РАБОТЫ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ПРОКАТНОГО СТАНА «1680» ЦГПТЛ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА ОАО «ЗАПОРОЖСТАЛЬ»**

Представлен анализ работы зубчатых передач, используемых в прокатном оборудовании, показан закон изменения переменных нагрузок, дана оценка ресурса работы согласно принципу линейного суммирования повреждений.

**Ключевые слова:** зубчатая передача, условия и ресурс работы, усталостная прочность, закон распределения.

**Введение.** Анализ условий работы зубчатых передач, используемых в прокатном оборудовании, показывает, что, несмотря на определенные особенности эксплуатации, зависящие от вида конкретного оборудования, они имеют общие показатели работы: высокие нагрузки со значительной динамической составляющей; широкий температурный диапазон работы;